

**ELECTROSTATIC CHUCK**

Patent Number: JP5008140  
Publication date: 1993-01-19  
Inventor(s): UMEMOTO KOUICHI; others: 02  
Applicant(s): NGK INSULATORS LTD  
Requested Patent: ☐ JP5008140  
Application JP19910301834 19911118  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B23Q3/15; B25J15/06; B65H5/00;  
EC Classification:  
Equivalents: JP2501504B2

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:**To use an electrostatic chuck preferably for a heat CVD unit or the like to be used under conditions of high temperature and middle to high vacuum, prevent warping or distortion in a wafer in heat processing the wafer, and achieve a uniform heat for the whole surface of the wafer.

**CONSTITUTION:**A film-type electrode 1 is formed on a main surface 4a of a disc-like ceramic substrate 4. An insulation dielectric layer 2 comprising silica nitride or the like is formed on the disc-like ceramic substrate 4 covering the film-type electrode 1 to be integrated. The film-like electrode 1 is thus included between the ceramic substrate and insulation dielectric layer 2. An electrode terminal 5 is embedded in the ceramic substrate 4, the film-type electrode 1 is connected with one end of the electrode terminal 5, and an electrode cable 6 is connected with the other end of the electrode terminal 5. This electrode cable 6 is connected with a positive pole of a DC power supply 8, and a negative pole of the DC power supply 8 is connected with a ground wire 7. The insulation dielectric layer 2 comprises ceramic of a pore ratio of 3% or less, and a pore diameter of 5  $\mu$ m or less for the maximum pore.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-8140

(43)公開日 平成5年(1993)1月19日

(51)Int.Cl. <sup>3</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 Q 3/15	D	8612-3C		
B 2 5 J 15/06	Z	9147-3F		
B 6 5 H 5/00	C	7111-3F		
H 0 1 L 21/68	R	8418-4M		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

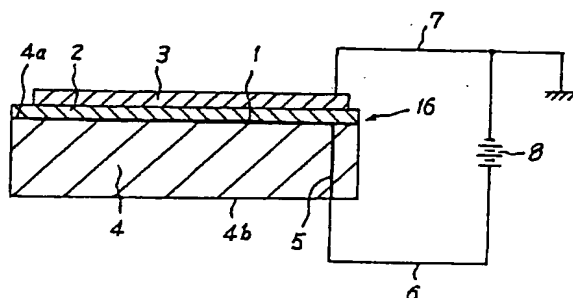
(21)出願番号	特願平3-301834	(71)出願人	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番56号
(22)出願日	平成3年(1991)11月18日	(72)発明者	梅本 鎧一 愛知県豊田市広美町上之切62番地
(31)優先権主張番号	特願平2-418088	(72)発明者	牛越 隆介 愛知県半田市新宮町 1 丁目106番地 日本 ガイシ新宮アパート206号
(32)優先日	平2(1990)12月28日	(72)発明者	新居 裕介 愛知県名古屋市瑞穂区市丘町 2 丁目38番 2 日本碍子市丘寮
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54)【発明の名称】 静電チャック

## (57)【要約】

【目的】 熱CVD装置等のような、高温、中高真空の条件下でも好適に使用でき、ウェハーの加熱処理時にウェハーの反りや歪みを防止してウェハー全面を均熱化することである。

【構成】 膜状電極1が円盤状セラミックス基体4の主面4aに形成されている。この膜状電極1を覆うように、円盤状セラミックス基体4上に窒化珪素等からなる絶縁性誘電層2が形成され、一体化されている。これにより、膜状電極1はセラミックス基体4と絶縁性誘電層2との間に内蔵される。セラミックス基体4の内部には電極端子5が埋設され、この電極端子5の一端には膜状電極1が接続され、電極端子5の他端には電極ケーブル6が接続される。この電極ケーブル6は直流電源8の正極に接続され、直流電源8の負極がアース線7に接続される。絶縁性誘電層2は、気孔率3%以下、最大気孔の気孔径5 $\mu$ m以下のセラミックスからなる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極の一面を絶縁性誘電層で被覆して構成され、該絶縁性誘電層上に被吸着物を静電的に吸着する静電チャックにおいて、前記絶縁性誘電層が気孔率3%以下、最大気孔の気孔径5 $\mu$ m以下のセラミックスからなることを特徴とする静電チャック。

【請求項2】 前記セラミックスの材料が窒化珪素、窒化アルミニウム、ベリリア、マグネシア、スピネル、純度97%以上のアルミナのいずれか一種であることを特徴とする請求項1記載の静電チャック。

【請求項3】 前記電極がセラミックス基体の一方の面に形成され、更にこの一方の面に前記絶縁性誘電層が前記電極を覆うように形成されている、請求項1記載の静電チャック。

【請求項4】 前記電極がセラミックス基体の一方の面に形成され、更にこの一方の面に前記絶縁性誘電層が前記電極を覆うように形成され、前記セラミックス基体の内部に抵抗発熱体が埋設され、この抵抗発熱体に通電して発熱させることにより前記被吸着物を加熱できるように構成された、請求項1記載の静電チャック。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、誘電材料や半導体材料等からなる試料を加工あるいは検査するにあたって、これら試料を電気的に固定し保持する静電チャックに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体ウエハーを加工あるいは検査する工程においては、ウエハーを加工機あるいは検査機の所定の位置に固定し保持する必要がある。従来、このような場合の半導体ウエハー固定技術としては、メカニカル固定、真空チャック、静電チャックの各方式が知られており、例えば、半導体ウエハーの搬送用、露光、成膜、微細加工、洗浄、ダイシング等に使用されている。

【0003】一方、特に、CVD、スパッタ等の成膜プロセスにおける半導体ウエハー加熱、温度制御では、半導体ウエハーの被加熱面の温度を均一化できないと、半導体生産時の歩留り低下の原因になる。この場合、メカニカル固定では、半導体ウエハーの表面にピンが接触するため成膜が不均一になるとともに、例えば平盤状のヒーターのウエハー加熱面に半導体ウエハーを設置しても、ウエハー加熱時には、この半導体ウエハー全面が均等に押さえられているわけではないので、半導体ウエハーに反り、歪みが生じ、半導体ウエハーの一部分と平坦なウエハー加熱面との間に局部的に隙間が生じる。そして、例えば $10^{-1}$  Torr以下の中高真空中では、ガスの対流による熱伝導が微少であるため、半導体ウエハーのうち加熱面に接触している部分と隙間が生じている部分との間で温度差が非常に大きくなる。また、いわゆる真空チャックは、スパッタ、CVD装置等のような中高真空の

2

条件下では使用できない。

【0004】これに対し、静電チャックは、試料の平坦度を良くして固定することができ、かつ取扱いが簡単であるため、半導体製造分野において特に有用である。

【0005】静電的に試料を保持する静電チャックは、二つの互いに反対に荷電されたコンデンサ板の吸引力を利用するもので、電極、誘電層、および導電性または半導性の試料から構成される。このような静電チャックにおける試料の吸着力Fは、電極と導電性または半導性試料との間の誘電層に大きく影響され、一般に次式で表される。

$$F = (1/2) \epsilon_r \epsilon_0 S (V/t)^2 \quad (1)$$

但し、 $\epsilon_r$  : 誘電層の比誘電率

$\epsilon_0$  : 真空の誘電率

S : 電極面積

V : 印加電圧

t : 誘電層の厚さ

【0006】上記(1)式からわかるように、誘電層の厚さtが薄いほど、また誘電層の比誘電率 $\epsilon_r$ が大きいほど、低電圧で使用しても一定の吸着力Fを得ることができ、また、誘電層の絶縁耐圧が高いほど印加電圧を大きくすることができる。さらに、誘電層には試料が繰り返し固定されるため、耐摩耗性が要求される。

【0007】従来、静電チャックの用途には誘電層としてポリイミド膜あるいはセラミック膜が使用されていた。(例えば、「応用機械工学」誌1989年5月号128~133ページ等)。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、静電チャックの誘電層としてポリイミド膜を用いた場合は耐摩耗性に問題があった。また、ポリイミド膜、セラミック膜を用いたいずれの場合も、例えば200℃以上の高温では絶縁耐圧の低下が著しいため、大きな電圧を印加することができなくなり、ウエハー等を保持するのに十分な吸着力が得られないという問題があった。すなわち、従来の静電チャックは高々200℃までしか使用できないものであった。本発明は上述した課題を解消して、200℃以上の高温、好ましくは400℃以上の温度まで使用可能な静電チャックを提供しようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、電極の一面を絶縁性誘電層で被覆して構成され、該絶縁性誘電層上に試料を静電的に吸着する静電チャックにおいて、前記絶縁性誘電層が気孔率3%以下、最大気孔の気孔径5 $\mu$ m以下のセラミックスからなることを特徴とする静電チャックに係わるものである。

【0010】

【実施例】

(実施例1) 図1は、本発明の実施例に係わる静電チャ

10

20

30

40

50

3

ック16を示す概略断面図である。図中1は膜状電極であり、円盤状セラミックス基体4の一方の主面4aに形成されている。そして、この膜状電極1を覆うように、円盤状セラミックス基体4の一方の主面4a上に、窒化珪素からなる絶縁性誘電層2が形成され、一体化されている。これにより、膜状電極1はセラミックス基体4と絶縁性誘電層2との間に内蔵される。セラミックス基体4の内部には電極端子5が埋設され、この電極端子5の一端には膜状電極1が接続され、電極端子5の他端には電極ケーブル6が接続されている。この電極ケーブル6は直流電源8の正極に接続され、直流電源8の負極がアース線7に接続される。

【0011】この静電チャックを動作させる際には、絶縁性誘電層2の上面に半導体ウエハー3等の被吸着物を載置し、被吸着物に対してアース線7を接触させ、この被吸着物と膜状電極1との間に電圧を印加することによって、被吸着物を絶縁性誘電層2上に固定、保持することができる。静電チャックにおいて大きな吸着力を得るには、ある程度誘電層の抵抗が低いことが条件となり、具体的には体積抵抗率が $10^8 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度が最適とされている。

【0012】本実施例の絶縁性誘電層は窒化珪素から構成されているので、例えば熱CVD装置等の半導体製造装置に使用することができる。すなわち、熱CVD装置では、絶縁性誘電層は最大600℃にも加熱されるが、この温度に加熱されても窒化珪素で構成された絶縁性誘電層2の体積抵抗率は $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、静電的に吸着力を得るに好適な値に留まるからである。さらに、本実施例では絶縁性誘電層2として、気孔率が3%以下、最大気孔の気孔径が5μm以下の窒化珪素を用いていることから、600℃の高温でも、絶縁性誘電層2の絶縁耐圧が高いため、ウエハー等を吸着するに必要な直流電圧の印加が可能となり、十分な吸着力が得られる。絶縁性誘電層2に上記の窒化珪素を用いた本実施例では、誘電層2の膜厚を3.00μmとし、温度600度としたとき、印加直流電圧1000Vに対し1000g/cm<sup>2</sup>の吸着力が得られた。

【0013】これに対し、絶縁性誘電層2に気孔率が10%、最大気孔の気孔径が20μmの窒化珪素を用いた場合は、温度600℃において、吸着力1000g/cm<sup>2</sup>を得る前にセラミックス誘電層が絶縁破壊してしまい、静電チャックとして使用できなかった。

【0014】なお、絶縁性誘電層2に用いた窒化珪素の気孔率は、同一条件で作成した試料をアルキメデス法で測定して得た。また最大気孔の気孔径は、やはり同一条件で作成した試料5ケについて、研磨面中の10ケ所を走査型電子顕微鏡で観察した最大気孔数50の平均値で示した。

【0015】絶縁性誘電層2に用いた窒化珪素の気孔率、最大気孔の気孔径によって、上記のように印加でき

4

る電圧が異なった理由は次のように考えられる。すなわち、セラミックス中の気孔の誘電率は空気のそれと等しいため、セラミックス中に気孔が多数存在する場合、セラミックスの実効の誘電率が低下することとなる。これを対数混和則で考えると、例えば気孔が3%存在する場合の誘電率の低下は7%程度であるが、気孔が10%も存在すると誘電率の低下は20%にもなる。そのため、同一電圧を印加しても、得られる静電的吸着力は大きく低下する。またセラミックス中の気孔には、バルクの部分と比べると、バルクの比誘電率倍だけの電界がかかり、それだけ放電しやすいものとなる。さらに、絶縁耐圧は、発明者等の測定結果では図2に示すように、セラミックス中に存在する最大気孔の気孔径の略1/2乗に比例して変化するようである。例えば、比較例に示した最大気孔の気孔径が20μmの場合は、実施例の5μmの場合と比べると絶縁耐圧が半減した。このため、比較例の場合は、気孔が多いため実効の誘電率が低下し、さらに、温度が600℃と高いため絶縁耐圧が低下するのに加えて、気孔が大きいため元来の絶縁耐圧が低いことから、所要の吸着力を得るに必要な直流電圧を印加できなくなったものと思われる。

【0016】上記の実施例では絶縁性誘電層が窒化珪素からなる場合を示した。しかし、高温、例えば600℃において、体積抵抗率が $10^8 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 、比誘電率が窒化珪素と同等であれば、他の誘電性材料を使用できるものであることは、上記の説明から容易に推察されるところである。窒化珪素以外の材料としては、例えば、窒化アルミニウム、ベリリア、マグネシア、スピネル、純度97%以上のアルミナ等を挙げることができる。さらに、体積抵抗率、誘電率、絶縁耐圧を著しく低下させない限り、上記の材料を主成分としてその他の成分を含むセラミックスを用いることも可能である。

【0017】なお、本実施例では絶縁性誘電層の材料について示したが、図1に示すセラミックス基体4を上記絶縁性誘電層と同一の材料で構成することもできる。この場合は、絶縁性誘電層とセラミックス基体の熱膨張が一致し、両者を一体に成形することが可能であるから、より好適である。

【0018】（実施例2）本発明者は、上記した実施例1に示す知見に基づいて、特に半導体ウエハーを加熱処理する技術を中心に研究を進めた。既述したように、一応600℃程度もの高温で動作する静電チャックは実現できた。しかし、実際に半導体ウエハー等を加熱するには、問題が残っていることが解った。

【0019】即ち、本発明者は、まず図4に概略的に示すような装置を用いて、半導体ウエハー3を吸着しつつ加熱することを検討した。ここにおいて、静電チャック16B自体の構成は、前述した静電チャック16の構成と同様である。ただし、端子5Aを約90度屈曲させ、端子5Aの一方の端部を膜状電極1に接続させ、他端を、セラミッ

5

クス基体4の側周面4cに露出させた。こうした静電チャック168も、高温、高真空中で良好に使用できる。

【0020】こうした静電チャック168（又は16）を前提とし、半導体ウエハーを吸着しつつ加熱する訳であるが、この加熱を良好に行うことが難しいことが解った。即ち、本発明者は、ステンレスヒーター13の発熱面13aに、セラミックス基体4の他方の主面4bを載置した。このステンレスヒーター13においては、円盤状基体14がステンレススチールから形成され、円盤状基体14の内部に抵抗発熱体15が埋設されている。抵抗発熱体15の両端部に、それぞれケーブル12が接続され、一対のケーブル12が交流電源11に接続されている。

【0021】しかし、スーパークリーン状態を必要とする半導体製造用装置では、デポジション用ガス、エッチング用ガス、クリーニング用ガスとして塩素系ガス、弗素系ガス等の腐食性ガスが使用されている。このため、半導体製造用装置内では、ステンレススチールに高温の腐食性ガスが暴露されるので、好ましくないパーティクルが発生した。

【0022】更に、絶縁性誘電層2の表面と半導体ウエハー3とは密着している。しかし、ステンレスヒーター13の発熱面13aと主面4bとは、完全に密着しているわけではなく、100  $\mu\text{m}$  以下の隙間が生ずる。この僅かな隙間が、半導体製造装置においては重大である。即ち、1 Torr以上の圧力があれば、ガス分子の挙動は粘性流域にあり、ガス分子による熱移動（熱伝達）があるので、発熱面13aの熱が静電チャック168に比較的良く伝わる。しかし、 $10^{-1}$  Torr以下の中高真空中では、ガスの挙動が分子流域に以降し、ガスの対流による伝導が極めて小さくなる。

【0023】このため、中高真空条件下では、発熱面13aと主面4bとの間で熱が良く伝わらず、熱損失が大きくなり、しかもステンレスヒーター13の出力を変化させても、半導体ウエハー3の温度変化の応答性が悪かった。しかも、隙間の大きさにも、場所によって大小があり、かつ隙間の大きさが少し変わっても、温度はかなり著しく変化する。このため、半導体ウエハー3を全面に亘って均一に加熱することも困難であった。

【0024】そこで、本発明者は、図3に概略的に示すような静電チャック16Aを開発した。この静電チャック16Aのうち、膜状電極1、絶縁性誘電層2、端子5等の構成は、図1に示したものと同様であるので、その説明は一部省略することがある。

【0025】円盤状のセラミックス基体4の内部に抵抗発熱体10が埋設されている。セラミックス基体4自体を主面4a側から平面的にみると、抵抗発熱体10が渦巻状に埋設されている。抵抗発熱体10自体の形状をみると、螺旋状に巻回されている。抵抗発熱体10の両端部には、例えば円柱形状の端子9がそれぞれ接続され、各端子9がセラミックス基体4に埋設、固定されている。各端子9

6

の端面が、主面4bにそれぞれ露出しており、これらの端面にケーブル12が接合されている。一対のケーブル12は、それぞれ交流電源11に接続されている。図示省略したスイッチを作動させることにより、抵抗発熱体10に通電し、発熱させる。

【0026】抵抗発熱体10、端子9の材質はセラミックス基体4と熱膨張率が近いものとするのが好ましい。セラミックス基体4を窒化珪素で形成した場合には、抵抗発熱体の材質をタングステン、モリブデン、白金等とすることが好ましい。

【0027】半導体ウエハー3を加熱処理する際には、絶縁性誘電層2のウエハー吸着面にウエハー3を設置し、ウエハー3に対してアース線7を接触させる。そして、膜状電極1に正電荷を蓄積して絶縁性誘電層2を分極させ、絶縁性誘電層2のウエハー吸着面側に正電荷を蓄積させる。それと共に、ウエハー3に負電荷を蓄積させ、誘電層2とウエハー3との間のクーロン引力により、ウエハー3をウエハー吸着面へと吸着させる。これと共に、抵抗発熱体10を発熱させてウエハー吸着面を所定温度に加熱する。

【0028】こうした静電チャックによれば、ウエハー3をウエハー吸着面へとクーロン力によって全面で吸着しつつ、同時にウエハー吸着面を加熱してウエハーを加熱することができる。従って、特に中高真空中で、ウエハーの全面に亘って、温度の追従性が良くなり、ウエハー3全体を均熱化させることができ、ウエハー3とウエハー加熱面との間の隙間によるウエハーWの均熱性の低下が生じない。従って、ウエハー3の熱処理をウエハー全面に亘って均一に行うことができ、半導体の歩留り低下を防止することができる。

【0029】更に、セラミックス基体4の内部に抵抗発熱体10が埋設され、また膜状電極1が絶縁性誘電層2とセラミックス基体4との間に内蔵されているので、ステンレスヒーターを用いる場合のような汚染は生じない。更に、熱源である抵抗発熱体10をセラミックス基体4内に埋設してあるので、静電チャックの外部に熱源を設置するのと比べて、熱効率が格段に高い。特に、 $10^{-1}$  Torr以下の中高真空下においては、外部熱源からの熱は前述したように極めて伝わりにくいので、本実施例のように抵抗発熱体を静電チャックに内蔵させることが、極めて効果的である。

【0030】図3、図4に示す各加熱設備について、熱効率と均熱性を比較する実験を実施した。セラミックス基体4、絶縁性誘電層2の材質としては、気孔率2%、最大気孔の気孔径3  $\mu\text{m}$  の窒化珪素セラミックスを用いた。半導体ウエハー3の直径は8インチとした。ステンレスヒーター13と静電チャック168とは互いに対して加圧し、発熱面13aと主面4bとの隙間を100  $\mu\text{m}$  以下とした。半導体製造装置内の圧力を $1 \times 10^{-4}$  Torrとし、交流電源11の印加電圧を1000Vとした。

50

【0031】図3に示す装置においては、半導体ウェハー3表面の平均温度が300℃となったとき、絶縁性誘電層2の表面温度は320℃であり、半導体ウェハー3の表面温度のバラツキは±3℃であった。図4に示す装置においては、半導体ウェハー3の表面の平均温度が300℃となったとき、ステンレスヒーター13の表面温度は580℃であり、半導体ウェハー3の表面温度のバラツキは±15℃であった。

【0032】

【発明の効果】本発明に係わる静電チャックによれば、絶縁性誘電層を気孔率3%以下、最大気孔の気孔径5μm以下の窒化珪素等から構成しているので、例えば熱CVD装置等のような高温、中高真空中でも、絶縁性誘電層が、静電的吸着力を発揮するに好適な体積抵抗率、誘電率を保持し、絶縁耐圧も大きく低下しないため、半導体ウェハー等の吸着を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係わる静電チャック16を示す概略断面図である。

【図2】温度600℃における、絶縁耐圧と本実施例の\*20

\* 窒化珪素セラミックスの最大気孔の大きさとの関係を示すグラフである。

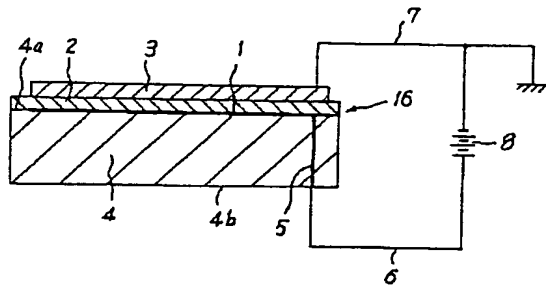
【図3】静電チャック16Aを示す概略断面図である。

【図4】ステンレスヒーター13と静電チャック168とを積み重ねた状態を示す概略断面図である。

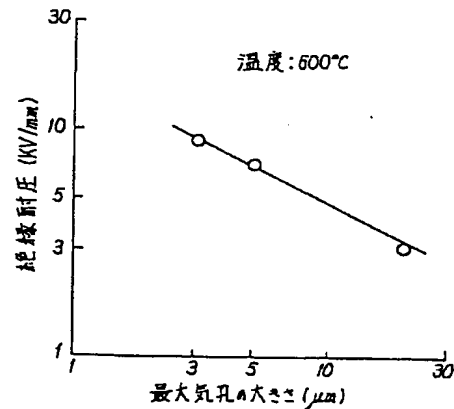
【符号の説明】

- 1 膜状電極
- 2 絶縁性誘電層
- 3 半導体ウェハー
- 4 セラミックス基体
- 4a 一方の主面
- 4b 他方の主面
- 5, 5A 電極端子
- 6 電極ケーブル
- 7 アース線
- 8 直流電源
- 9 端子
- 10 抵抗発熱体
- 16, 16A, 168 本発明の実施例に係る静電チャック

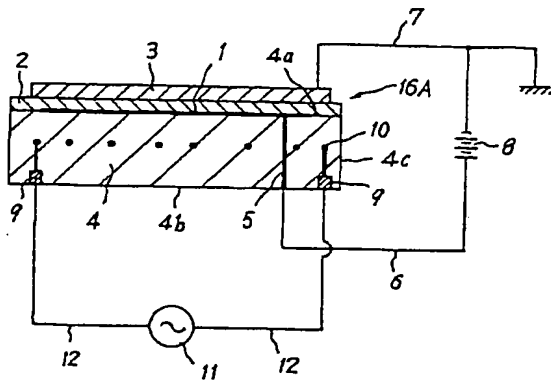
【図1】



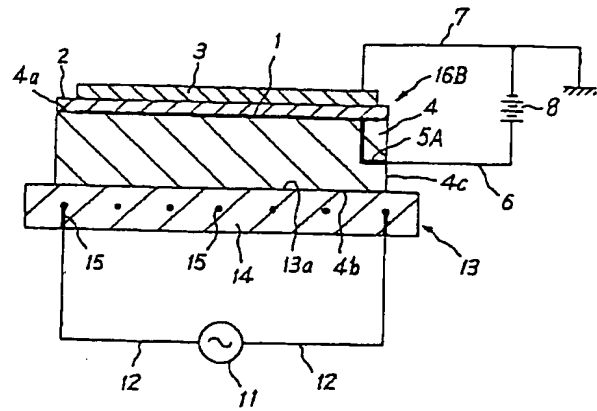
【図2】



【図3】



【図4】



## Title of the Invention

## ELECTROSTATIC CHUCK

## Abstract

Object: To provide an electrostatic chuck capable of suitably being used for a thermal CVD device or the like under conditions of high temperature and middle to high vacuum, and to prevent a wafer from warping and straining at the time of a heating process of a wafer, thereby evenly heating an entire surface of the wafer.

Configuration: A film-like electrode 1 is formed on a main face 4a of a disk-like ceramic substrate 4. An insulating dielectric layer 2 made of silicon nitride or the like is formed on the disk-like ceramic substrate 4 so as to cover the film-like electrode 1, and all components are integrated. Consequently, the film-like electrode 1 is interposed between the ceramic substrate 4 and the insulating dielectric layer 2. An electrode terminal 5 is embedded in the inside of the ceramic substrate 4, the film-like electrode 1 is connected to one end of the electrode terminal 5, and an electrode cable 6 is connected to the other end of the electrode terminal 5. The electrode cable 6 is connected to a positive electrode of a direct current power source 8, and a negative electrode of the direct current power source 8 is connected to an earth wire 7. The insulating dielectric layer 2 is made of a ceramic having a porosity of 3% or less and a pore diameter of the largest pores of 5  $\mu\text{m}$  or less.

## Claims

1. An electrostatic chuck which is constituted by coating one main face of an electrode with an insulating dielectric layer and which electrostatically adsorbs



an object to be adsorbed on the insulating dielectric layer, wherein the insulating dielectric layer is made of a ceramic having a porosity of 3% or less and a pore diameter of the largest pores of 5  $\mu\text{m}$  or less.

2. The electrostatic chuck according to claim 1, wherein the ceramic is any one of materials selected from silicon nitride, aluminum nitride, beryllia, magnesia, spinel, and alumina having a purity of 97% or more.

3. The electrostatic chuck according to claim 1, wherein the electrode is formed on one main face of a ceramic substrate, and the insulating dielectric layer is further formed on this main face so as to cover the electrode.

4. The electrostatic chuck according to claim 1, wherein the electrode is formed in one main face of a ceramic substrate, the insulating dielectric layer is further formed on this main face so as to cover the electrode, and resistance heating elements are embedded in the ceramic substrate to make it possible to heat said object to be adsorbed by radiating heat by applying electric power to the resistance heating elements.

## Detailed Description of the Invention

[0001]

### Field of the Invention

The present invention relates to an electrostatic chuck for electrically fixing and holding samples in the case of processing or inspecting the samples made of dielectric materials, semiconductor materials and the like.

[0002]

#### Prior Art

In a step of processing or inspecting a semiconductor wafer, it is required to fix and hold the wafer at a prescribed position in a processing device or an inspecting device. Conventionally, as semiconductor wafer fixing techniques in such a case, various methods employing such as mechanical fixation, a vacuum chuck, and an electrostatic chuck have been known and for example, they are employed for transportation, exposure, film formation, precision processing, washing, dicing and the like of semiconductor wafers.

[0003]

On the other hand, in the case of semiconductor wafer heating and temperature control in especially film formation process by CVD, sputtering and the like, if the temperature of the object face of a semiconductor wafer to be heated cannot be made even, it results in decrease of the yield of the semiconductor production. In such a case, if mechanical fixation is employed, the film formation becomes uneven since pins are brought into contact with the surface of the semiconductor wafer and for example, even if a semiconductor wafer is placed on a wafer heating face of a disk-like heater, the semiconductor wafer is warped and strained and gaps are formed locally between a portion of the semiconductor wafer and the flat wafer heating face since the entire face of the semiconductor wafer is not necessarily evenly pressurized. In a middle to high vacuum degree, for example, at  $10^{-3}$  Torr or lower, since the heat conduction attributed to gas convection is slight, the temperature difference between the portions of the semiconductor wafer which is brought into contact with the heating face and the portions at gaps from the heating face becomes significant. Further, so-called

vacuum chuck cannot be used in the middle to high vacuum conditions for sputtering, a CVD device, or the like.

[0004]

On the contrary, an electrostatic chuck is capable of fixing a sample with improved flatness and easy to handle, so that it is especially useful in the field of the semiconductor fabrication.

[0005]

The electrostatic chuck for electrostatically holding a sample utilizes adsorption force of two capacitor plates charged with opposed polarity to each other and is composed of an electrode, a dielectric layer, and a conductive or semiconductive sample. The adsorption force  $F$  of such an electrostatic chuck applied to the sample is significantly affected depending on the dielectric layers formed between the electrode and the conductive or semiconductive sample and can be expressed by the following equality:

$$F = (1/2)\epsilon_r^2 \epsilon_0 S(V/t)^2 \dots (1),$$

wherein  $\epsilon_r$ : relative permittivity of the dielectric layer,

$\epsilon_0$ : permittivity in vacuum,

$S$ : electrode surface area,

$V$ : applied voltage, and

$t$ : the thickness of the dielectric layer.

[0006]

As it can be understood from the above-mentioned equality (1), as the thickness  $t$  of the dielectric layer becomes thinner and the relative permittivity of the dielectric layer becomes higher, a constant adsorption face  $F$  can be obtained even if lower voltage is applied. Further, the higher the dielectric strength of the

dielectric layer becomes, the higher the voltage to be applied can be increased. Further, since a sample is repeatedly fixed in the dielectric layer, the dielectric layer is required to be wear resistant.

[0007]

Conventionally, as the dielectric layer for the electrostatic chuck, a polyimide film or a ceramic film has been used. (For example, reference to "Applied Mechanical Engineering" pp.128-133, May 1989).

[0008]

#### Problems to be Solved by the Invention

However, in the case a polyimide film is used as a dielectric layer of an electrostatic chuck, there is a problem on the wear resistance. Also, in any cases of using a polyimide film or a ceramic film, since the dielectric strength deterioration is so significant at a temperature as high as, for example, 200°C or higher, it becomes impossible to apply high voltage and it results in a problem that sufficiently high adsorption force to hold a wafer or the like cannot be obtained. that is, a conventional electrostatic chuck can be used only up to 200°C or so. The present invention aims to solve the above described problems and to provide an electrostatic chuck usable at a temperature as high as 200°C or higher, preferably a temperature of 400°C or higher.

[0009]

#### Means for Solving the Problems

The present invention is directed to an electrostatic chuck which is constituted by coating one main face of an electrode with an insulating dielectric layer and which electrostatically adsorbs an object to be adsorbed on the insulating dielectric layer, wherein the insulating dielectric layer is made of a ceramic having

a porosity of 3% or less and a pore diameter of the largest pores of 5  $\mu\text{m}$  or less.

[0010]

#### Examples

##### Example 1

Fig. 1 is a schematic cross-sectional view showing an electrostatic chuck 16 according to an example of the present invention. In the Fig. 1, a reference numeral 1 denotes a film-like electrode formed on one main face 4a of a disk-like ceramic substrate 4. An insulating electric layer 2 made of silicon nitride is formed on the main face 4a of the disk-like ceramic substrate 4 so as to cover the film-like electrode 1, and all components are integrated. Accordingly, the film-like electrode 1 is interposed between the ceramic substrate 4 and the insulating dielectric layer 2. An electrode terminal 5 is embedded in the inside of the ceramic substrate 4, the film-like electrode 1 is connected to one end of the electrode terminal 5, and an electrode cable 6 is connected to the other end of the electrode terminal 5. The electrode cable 6 is connected to a positive electrode of a direct current power source 8, and a negative electrode of the direct current power source 8 is connected to an earth wire 7.

[0011]

At the time of operating the electrostatic chuck, an object to be adsorbed such as a semiconductor wafer 3 or the like is mounted on the upper face of the insulating dielectric layer 2, the earth wire 7 is brought into contact with the object to be adsorbed, and voltage is applied between the object to be adsorbed and the film-like electrode 1, so that the object to be adsorbed can be fixed and held on the insulating dielectric layer 2. In order to obtain a high adsorption force by the electrostatic chuck, it is required that the resistance of the dielectric layer is low to

a certain extent as a condition and, practically, the volume resistivity of about  $10^{20}$  to  $10^{22} \Omega \cdot \text{cm}$  is supposed to be the optimum.

[0012]

Since the insulating dielectric layer of this example is made of silicon nitride, the electrostatic chuck can be used for a semiconductor fabrication device such as a thermal CVD device. That is, in a thermal CVD device, the insulating dielectric layer is heated to  $600^\circ\text{C}$  at maximum. However, the volume resistivity of the insulating dielectric layer 2 made of silicon nitride is  $10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$  even if the layer is heated to such a high temperature and is kept at a value suitable to electrostatically obtain the adsorption force. Further, since silicon nitride having a porosity of 3% or less and a pore diameter of the largest pores of  $5 \mu\text{m}$  or less is used for the insulating dielectric layer 2 in this example, the dielectric strength of the insulating dielectric layer 2 is high even at a temperature as high as  $600^\circ\text{C}$ ; therefore, direct current voltage necessary to adsorb a wafer or the like can be applied and sufficiently high adsorption force can be obtained. In this example where silicon nitride is used for the insulating dielectric layer 2 as described above, in the case where the film thickness of the dielectric layer 2 is controlled to be  $300 \mu\text{m}$  and the temperature is controlled to be  $600^\circ\text{C}$ , adsorption force of  $1000 \text{ g/cm}^2$  can be obtained by application of direct current voltage of  $1000 \text{ V}$ .

[0013]

Meanwhile, in the case where silicon nitride having a porosity of 10% or less and a pore diameter of the largest pores of  $20 \mu\text{m}$  is used for the insulating dielectric layer 2, before adsorption force of  $1000 \text{ g/cm}^2$  is obtained at a temperature of  $600^\circ\text{C}$ , the dielectric breakdown occurs in the ceramic dielectric layer to make it impossible to use the dielectric layer for an electrostatic chuck.

[0014]

The porosity of silicon nitride to be used for the insulating dielectric layer 2 is obtained by measuring by Archimedes' method using specimens produced under same conditions. The pore diameter of the largest pores is obtained as the average value of 50 largest pores observed in 10 points of polished faces using five specimens produced also under the same conditions.

[0015]

The reason for different voltage values possible to be applied depending on the porosity and the pore diameter of the largest pores of silicon nitride used for the insulating dielectric layer as described above can be supposed as follows. That is, since the permittivity of the pores in a ceramic is equal to that of air, when a large number of pores exist in the ceramic, the actual permittivity of the ceramic is decreased. Considering that on the basis of the logarithmic mixing rule, the decrease of the permittivity is about 7% in the case of 3% porosity, whereas the decrease of the permittivity is as high as 20% in the case of 10% porosity. Therefore, even if same voltage is applied, the electrostatic adsorption force to be obtained may be significantly decreased. Further, as compared with that to a bulk portion, an electric field as high as the times of relative permittivity of the bulk portion is applied to pores of the ceramic, resulting in occurrence of electric discharge responding to that degree. Further, the dielectric strength according to the results of measurement carried out by the resent inventors is, as shown in Fig. 2, seemingly changed in proportion to almost  $1/2$  square of the pore diameter of the largest pores existing in the ceramic. For example, in the case where the pore diameter of the largest pores shown in a comparative example is 20  $\mu\text{m}$ , the dielectric strength is decreased to be a half as compared with that in the case

where the pore diameter is 5  $\mu\text{m}$  in an example. Accordingly, in the case of the comparative example, attributed to a large number of pores, the actual permittivity is decreased and further since the temperature is as high as 600°C, the dielectric strength is decreased and in addition to that, intrinsic dielectric strength is low attributed to large pores, it is supposed that direct current voltage necessary to obtain a necessary adsorption force cannot be applied.

[0016]

In the above-mentioned example, a case of using silicon nitride for the insulating dielectric layer is exemplified. However, it can be easily assumed from the above-mentioned description that any dielectric material can be used if it has a volume resistivity in a range of  $10^{20}$  to  $10^{22} \Omega\cdot\text{cm}$  and a relative permittivity same as that of silicon nitride at a high temperature, e.g., 600°C. The materials other than silicon nitride may include, for example, aluminum nitride, beryllia, magnesia, spinel, and alumina having a purity of 97% or more. Further, unless the volume resistivity, permittivity and dielectric strength are significantly decreased, ceramics containing the above-mentioned materials as main components and other components may be used.

[0017]

Although, in the example, the material for the insulating dielectric layer is described, the same material as that of the above-mentioned insulating dielectric layer may be used for the ceramic substrate 4. In such a case, the thermal expansion of the insulating dielectric layer and the ceramic substrate is equal and both can be formed integrally; therefore, it is preferable.

[0018]

Example 2



Based on the findings shown in the above-mentioned Example 1, the present inventors have made investigations on the techniques of heating treatment of especially semiconductor wafers. As described above, an electrostatic chuck operable at a temperature as high as about 600°C can be actualized. However, in order to practically heat semiconductor wafers or the like, it has been found that there still remain problems.

[0019]

That is, at first, the present inventors have made investigations on heating while adsorbing a semiconductor wafer 3 using an device schematically shown in Fig. 4. Herein, the configuration of an electrostatic chuck 16B itself is similar to that of the above-mentioned electrostatic chuck 16. However, a terminal 5A is bent at about 90 degrees, one end of the terminal 5A is connected to a film-like electrode 1 and the other end is exposed in the vicinity of a side circumferential face 4c of a ceramic substrate 4. Such an electrostatic chuck 16B can be also used suitably under a high temperature and high vacuum atmosphere.

[0020]

Assuming use of such an electrostatic chuck 16B (or 16), a semiconductor wafer is to be heated while being adsorbed, however it has been found difficult to carry out heating well. That is, the present inventors put the other main face 4b of the ceramic substrate 4 on the heat radiating face 13a of a stainless heater 13. With respect to the stainless heater 13, the disk-like substrate 14 is made of a stainless steel and resistance heating elements 15 are embedded in the inside of the disk-like substrate 14. Cables 12 are connected to both ends of the respective resistance heating elements 15, and a pair of cables 12 are connected to an alternating current power source 11.

[0021]

However, in a semiconductor producing device which is required to be in super clean state, corrosive gases such as chlorine type gases, fluorine type gases are used as gases for deposition, gases for etching, and gases for cleaning. Accordingly, in the inside of the semiconductor producing device, the stainless steel is exposed to corrosive gases at a high temperature and, consequently, undesirable particles are generated.

[0022]

Further, the surface of the insulating dielectric layer 2 and the semiconductor wafer 3 adhere closely to each other. However, the heat radiating face 13a of the stainless heater 13 and the main face 4b do not completely adhere to each other, there are gaps of 100  $\mu\text{m}$  or less. Such slight gaps are serious in a semiconductor producing device. That is, if the pressure is 1 Torr or more, the behavior of gas molecules is in viscous flow range and heat transfer (thermal conduction) is caused by the gas molecules; therefore, the heat of the heat radiating face 13a is relatively efficiently transferred to the electrostatic chuck 16B. However, in the middle to high vacuum with a pressure of  $10^{-3}$  Torr or less, the behavior of the gas molecules is shifted to a molecular range and the heat conduction attributed to the gas convection is decreased to extremely low degree.

[0023]

Therefore, under the middle to high vacuum conditions, heat is not well transmitted between the heat radiating face 13a and the main face 4b, the heat loss becomes high and moreover, even if the output of the stainless heater 13 is changed, the response of the temperature alteration of the semiconductor wafer 3 is inferior. Moreover, the degrees of the gaps differ depending on the points and

the temperature is considerably remarkably changed attributed to even a slight change of the gaps. Accordingly, it becomes also difficult to evenly heat the entire face of the semiconductor wafer 3.

[0024]

The present inventors have therefore developed an electrostatic chuck 16A schematically shown in Fig. 3. Since the constitution of a film-like electrode 1, an insulating dielectric layer 2, a terminal 5 and the like of the electrostatic chuck 16A are similar to those shown in Fig. 1, their descriptions will be partially given.

[0025]

Resistance heating elements 10 are embedded in the inside of the disk-like ceramic substrate 4. When being observed in a plane view from the main face 4a side of the ceramic substrate 4, the resistance heating elements 10 are embedded swirly. When the shape of the resistance heating elements 10 themselves being observed, the resistance heating elements 10 are wound spirally. For example, terminals 9 with a column-like shape are connected respectively to both end parts of the resistance heating elements 10, and the respective terminals 9 are embedded and fixed in the ceramic substrate 4. End faces of the respective terminals 9 are exposed in the main face 4b and cables 12 are bonded to these end faces. A pair of cables 12 are respectively connected to an alternating current power source 11. By operating a switch (not shown), electric power is applied to the resistance heating elements 10 to generate heat.

[0026]

The materials for the resistance heating elements 10 and the terminals 9 are preferable to have thermal expansion coefficients close to that of the ceramic substrate 4. In the case where the ceramic substrate 4 is formed of silicon nitride,

the material for the resistance heating elements is preferable tungsten, molybdenum, platinum or the like.

[0027]

At the time of subjecting a semiconductor wafer 3 to heating treatment, the wafer 3 is put on the wafer adsorbing face of the insulating dielectric layer 2 and an earth wire 7 is brought into contact with the wafer 3. Then, positive charge is accumulated in the film-like electrode 1 to polarize the insulating dielectric layer 2 and accumulate positive charge in the wafer adsorbing face side of the insulating dielectric layer 2. Simultaneously with that, negative charge is accumulated in the wafer 3 and, thus, the wafer 3 is adsorbed to the wafer adsorbing face based on the Coulomb adsorption between the dielectric layer 2 and the wafer 3. Together with that, the resistance heating elements 10 are heated to heat the wafer adsorbing face to a prescribed temperature.

[0028]

By using such an electrostatic chuck, while the wafer 3 being adsorbed to the entire surface of the wafer adsorbing face based on the Coulomb force, the wafer adsorbing face can be heated to heat the wafer. Accordingly, the temperature response is improved in the entire face of the wafer especially in middle to high vacuum atmosphere to make it possible to evenly heat the entire body of the wafer 3 and prevent deterioration of the evenly heating property for the wafer W attributed to gaps between the wafer 3 and the wafer heating face. Consequently, heating treatment of the wafer 3 can be evenly carried out in the entire wafer face to prevent decrease of the yield of semiconductors.

[0029]

Further, since the resistance heating elements 10 are embedded in the

inside of the ceramic substrate 4 and the film-like electrode 1 is interposed between the insulating dielectric layer 2 and the ceramic substrate 4, unlike the case of using a stainless heater, no contamination is caused. Further, since the resistance heating elements as heat sources are embedded in the ceramic substrate 4, the heat efficiency is remarkably improved as compared with that in the case a heat source is installed in the outside of an electrostatic chuck. Especially, under middle to high vacuum atmosphere with a pressure of  $10^{-3}$  Torr or less, the heat from an outside heating source is extremely difficult to be transmitted as described above, so that it is remarkably effective that the resistance heating elements are embedded in the electrostatic chuck just like the case of this example.

[0030]

With respect to the respective heating facilities shown in Fig. 3 and Fig. 4, experiments were carried out to compare the heating efficiency and the evenly heating property. As the materials for a ceramic substrate 4 and an insulating dielectric layer 2, a silicon nitride ceramic having a porosity of 2% and a pore diameter of the largest pores of  $3\text{ }\mu\text{m}$  were used. The diameter of a semiconductor wafer 3 was adjusted to be eight inch. A stainless heater 13 and an electrostatic chuck 16B were pressurized to each other to suppress the gaps between a heat radiating face 13a and the main face 4b to  $100\text{ }\mu\text{m}$  or less. The pressure in a semiconductor producing device was adjusted to be  $1 \times 10^{-6}$  Torr or less and the voltage applied from an alternating current power source was set to be 1000 V.

[0031]

With respect to the device shown in Fig. 3, when the average temperature of the surface of the semiconductor wafer 3 became  $300^{\circ}\text{C}$ , the surface temperature of the insulating dielectric layer 2 was  $320^{\circ}\text{C}$  and the dispersion of the surface

temperature of the semiconductor wafer 3 was  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . With respect to the device shown in Fig. 4, when the average temperature of the surface of the semiconductor wafer 3 became  $300^{\circ}\text{C}$ , the surface temperature of the stainless heater 13 was  $580^{\circ}\text{C}$  and the dispersion of the surface temperature of the semiconductor wafer 3 was  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ .

[0032]

#### Effects of the Invention

By an electrostatic chuck according to the present invention, since an insulating dielectric layer is made of silicon nitride or the like having a porosity of 3% or less and a pore diameter of the largest pores of  $5\text{ }\mu\text{m}$  or less, the insulating dielectric layer keeps a volume resistivity and a permittivity suitable to generate electrostatically adsorbing force and the dielectric strength is not so much decreased even in a high temperature and middle to high pressure atmosphere of, for example, a thermal CVD device or the like, so that a semiconductor wafer or the like can be adsorbed.

#### Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a schematic cross-sectional view showing an electrostatic chuck 16 according to an example of the present invention.

Fig. 2 is a graph showing the correlation between the dielectric strength and the size of the maximum pore of a silicon nitride ceramic of the example.

Fig. 3 is a schematic cross-sectional view showing an electrostatic chuck 16A.

Fig. 4 is a schematic cross-sectional view showing the state where a stainless heater 13 and an electrostatic chuck 16B are layered.

#### Explanation of the Symbols

- 1: film-like electrode
- 2: insulating dielectric layer
- 3: semiconductor wafer
- 4: ceramic substrate
- 4a: one main face
- 4b: the other main face
- 5, 5A: electrode terminal
- 6: electrode cable
- 7: earth wire
- 8: direct current power source
- 9: terminal
- 10: resistance heating element
- 16, 16A, 16B: electrostatic chucks according to the examples of the present invention

Fig. 2:translation of the figure

Lateral axis :DIELECTRIC STRENGTH

In the middle of the picture: TEMPERATURE :600°C

Longitudinal axis: SIZE OF THE MAXIMUM PORE